

열수 가용성 쌀 전분의 구조와 전분의 구조 및 밥의 텍스처와의 관련성

강길진·김 관·김성곤*

전남대학교 식품공학과 및 농업과학연구소, *단국대학교 식품영양학과

Structure of Hot-Water Soluble Rice Starch in Relation to the Structure of Rice Starch and Texture of Cooked Rice

Kil-Jin Kang, Kwan Kim and Sung-Kon Kim*

Department of Food Science and Technology, Chonnam National University, Kwangju, 500-757 Korea

*Department of Food Science and Nutrition, Dankook University, Seoul 140-714, Korea

Abstract

The relationship between the molecular structure of rice starch and the texture of cooked rice was investigated using hot-water soluble rice starch. The structure of hot-water soluble starch bound amylose which was composed of small molecular weight and amylopectin which was composed of chain length of \overline{DP} 10~20, and the average composition of amylose : amylopectin was 7 : 3. The molecular weight of amylose was the smaller and super long chain of amylopectin was the fewer, the extractable ratio of hot-water soluble rice starch was the higher. And hot-water solubility of rice starch be responsible for molecular structure of starch. On the texture of cooked rice, the extractable ratio of hot-water soluble rice starch was the higher, the hardness was the lower and the adhesiveness was the higher. The results suggest that the molecular structure of rice starch could be responsible for the texture of cooked rice.

Key words: rice starch, hot-water soluble starch, structure, cooked rice, amylose, amylopectin, chain length, molecular weight

서 론

쌀의 품질은 쌀의 외관, 밥의 식미, 영양적 가치 등으로 평가할 수 있으나 밥을 섭취하는 우리로서는 무엇보다도 밥의 식미가 중요하다. 이러한 밥의 식미는 시각(광택, 형태), 취각(향기), 미각(맛), 촉각(텍스처)적인 측면으로 나타낼 수 있는데, 이들은 쌀의 화학적 성분과 관계가 있으며, 특히, 촉각은 밥의 식감에 영향을 주는 인자로서 쌀의 약 90% 이상을 차지하고 있는 전분에 의해 영향을 받는다^(1,2).

지금까지 식미 평가는 아밀로오스 함량, 전분의 호화도, 겔 강도, 알칼리 붕괴도 등에 의한 물리화학적 방법으로 밥의 식감을 평가함으로써 행해져 왔다^(2,3). 그러나 각 품종에 따른 쌀의 식미 차이는 아직 까지도 뚜렷한 근거가 확립되어 있지 않다. 최근 저자들은 이러한 쌀의 식미 차이를 구명하기 위하여 쌀 전분의 분자구조적인 측면에서 밥의 식감을 평가할 수 있는 일련의 연구를 해 오고 있다⁽⁴⁻⁶⁾. 쌀 또는 쌀가루를 과량의 물과 함께 가열하였을 때 가용성 아밀로오스 함량은 밥의

경도와 부의 상관률, 부착성과는 정의 상관률 보였으며⁽⁴⁾, 쌀 전분에서도 열수 가용성 전분의 함량과 아밀로오스 함량이 많을 수록 밥의 경도는 낮고 부착성은 높았다⁽⁶⁾. Arai와 Watanabe⁽¹⁰⁾도 밥의 경도가 높고 부착성이 낮은 인디카 쌀은 자포나카 쌀 보다 열수 가용성 전분의 생성량이 더 적다고 하였다. 한편, 저자들은 쌀의 열수 가용성 전분과 열수 가용성 아밀로오스 함량은 아밀로오스의 분자 크기와 깊은 부의 상관 관계가 있으며 식미(식감) 평가의 중요한 인자로 보고하였다⁽⁶⁾.

본 연구에서는 식미와 관련성이 있는 열수 가용성 전분의 분자 구조 및 성질을 이해하고 쌀 전분의 분자 구조와 밥의 텍스처와의 관계를 설명하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

시료 벼는 전보⁽⁴⁻⁹⁾에서와 같은 일반계인 동진벼, 추청벼, 탐진벼와 통일계인 삼강벼, 남영벼, 용주벼를 사용하였다.

열수 가용성 전분의 조제

열수 가용성 전분은 알칼리 침지법⁽¹¹⁾으로 분리한 쌀 전분 200 mg을 98°C의 물 400 ml에 현탁시키고 같은

Corresponding author: Kil-Jin Kang, Department of Food Science and Technology, Chonnam National University, Kwangju 500-757, Korea

Table 1. Hot-water soluble components of rice starches prepared by heating at 98°C for 8 min

	Solubility(%)					Total amylose ²⁾	SA/TA	SAP/TAP ³⁾
	Starch(SS)	Amylose(SA)	SA/SS	Amylopectin(AP) ¹⁾	AP/SS	(TA) (%)	(%)	(%)
Japonica type								
Tongjinbyeo	25.5	18.0	70.6	7.5	29.4	21.0	85.7	9.5
Chucheongbyeo	25.8	17.8	70.0	8.0	30.0	20.8	85.6	10.1
Tamjinbyeo	23.8	17.8	74.8	6.0	25.2	20.4	87.2	7.5
Tongil type								
Samgangbyeo	19.5	14.0	71.7	5.5	28.3	19.6	71.4	6.8
Namyongbyeo	18.0	13.3	73.8	4.7	26.2	18.8	70.7	5.8
Yongjubyeo	17.6	13.4	76.1	4.2	23.9	19.5	68.7	5.2

¹⁾Difference between soluble starch and amylose

²⁾Based on the untreated rice starch

³⁾Total amylopectin content(%) in the rice starch

온도에서 8분간 유지시킨 다음 원심분리(1,000×g, 20분)하여 전보⁴⁾와 같이 얻었다. 원심 분리한 상정액 즉, 열수 가용성 전분은 페놀-황산 방법¹²⁾으로, 열수 가용성 아밀로오스 함량은 Williams들의¹³⁾ 방법으로 측정하였다. 열수 가용성 전분의 전체적인 조성은 전보⁶⁾에서와 같으며 Table 1에 나타내었다.

분자구조적 성질 측정

열수 가용성 전분의 요오드반응은 Williams들¹³⁾의 방법에 따라 측정하였다. 시료(0.5 g/100 ml)의 고유점도는 모세관 점도계(Cannon-Ubbelohde, No. 75)를 사용하여 30°C에서 측정하였다¹⁴⁾. 아밀로펙틴의 베타-아밀라아제 분해한도는 Suzuki들¹⁵⁾의 방법에 의하여 전당과 환원당의 비율로서 구하였다. 시료의 중합도는 전당량과 환원당의 비로서 구하였다. 전당량은 페놀-황산 방법¹⁶⁾으로, 환원력은 Park-Johnson법을 개량한 Hizukuri들¹⁷⁾의 방법으로 측정하였다.

열수 가용성 전분의 사슬 분포는 pullulanase(Sigma사)로 α -1,6 결합을 끊은 다음 겔 크로마토그래피(Sephadex G-50)를 이용하여 조사하였다. pullulanase 처리 및 겔 크로마토그래피의 모든 실험 조건은 전보¹⁷⁾와 같은 방법으로 행하였다.

결과 및 고찰

분자구조적 성질

열수 가용성 전분의 요오드 반응, 고유점도, β -아밀라아제 분해 한도 그리고 평균 중합도(\overline{DP}_n)는 Table 2와 같다. 열수가용성 전분-요오드 복합체의 625 nm에서 흡광도는 일반계인 탐진벼가 0.886으로 가장 높았고 통일계인 남영벼가 0.759로 가장 낮았으며, 삼강벼와 추청벼는 비슷한 값을 보였다. 최대 흡수파장은 일반계가 품종간 차이 없이 620 nm로 통일계의 615 nm보다 약간 높았다. 고유점도는 일반계가 165~184 ml/g로서 통일계의 190~197 ml/g 보다 낮았다. β -아밀라아제 분해

Table 2. Properties of hot-water soluble rice starches

	Iodine complex		Inherent β -amylolysis		\overline{DP}_n ³⁾
	A625 ¹⁾	λ_{max} (nm) ²⁾	viscosity (ml/g)	limit (%)	
Japonica type					
Tongjinbyeo	0.791	620	165	76.5	790
Chucheong- byeo	0.784	620	179	77.0	860
Tamjinbyeo	0.886	620	184	76.8	800
Tongil type					
Samgangbyeo	0.782	615	197	77.7	1000
Namyong- byeo	0.759	615	190	78.7	930
Yongjubyeo	0.775	615	192	78.4	970

¹⁾Absorbance at 625 nm

²⁾Wavelength for the maximum absorption

³⁾Number-average degree of polymerization

한도는 77.7~79%로 별 차이가 없었으나 동진벼와 탐진벼가 가장 낮은 값을, 남영벼와 용주벼가 가장 높은 값을 보였으며, 추청벼와 삼강벼는 서로 비슷하였다. 평균 중합도(\overline{DP}_n)는 일반계인 동진벼와 탐진벼가 약 800 글루코오스 단위로서 가장 낮았고, 통일계인 삼강벼가 1000 글루코오스 단위로 가장 높았다.

열수 가용성 전분을 pullulanase로 분해하고 Sephadex G-50으로 용출시킨 결과는 Fig. 1과 같이 두 개의 획분을 보였다. 전보⁹⁾에 의하면 탈분지된 아밀로펙틴에서는 세 개의 획분(\overline{DP} 55 이상, \overline{DP} 40~50, \overline{DP} 15~20)을 보였는데, 탈분지된 가용성 전분에서는 아밀로펙틴⁹⁾의 획분 2(\overline{DP} 40~50) 부분이 발견되지 않았고 두 개의 획분(void volume 부근, \overline{DP} 10~20 부근)을 보였다. 이러한 사실은 아밀로펙틴의 사슬길이가 긴 것(\overline{DP} 45 부분)은 열수에 잘 녹지 않는다는 것을 가리킨다. 이 들 획분에 대한 탄수화물 분포는 Table 3과 같다. Void volume 부근인 획분 1은 일반계가 69.3~72.5%, 통일계는 74.5~76.2%이었다. \overline{DP} 10~20 부근인 획분 2는 일반계가

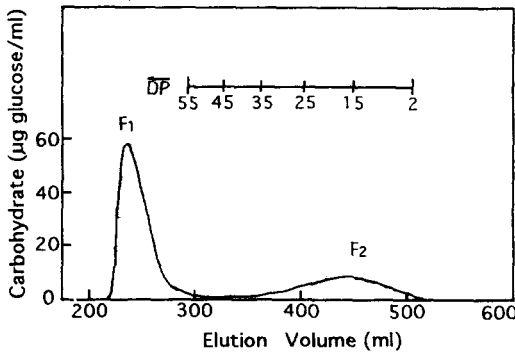


Fig. 1. Elution profiles on Sephadex G-50 of hot-water soluble rice starch debranched by pullulanase

Table 3. Carbohydrate proportion(%) of each fraction in gel chromatography of hot-water rice soluble starch debranched by pullulanase

	F1	F2	F2/F1
Japonica type			
Tongjinbyeo	69.3	30.7	0.44
Chucheongbyeo	70.3	29.7	0.42
Tamjinbyeo	72.5	27.5	0.38
Tongil type			
Samgangbyeo	74.5	25.5	0.34
Namyoungbyeo	76.2	23.8	0.31
Yongjubyeo	75.9	24.0	0.32

27.5~30.7%로서 통일계의 23.8~25.5% 보다 높았다. Fig. 1의 획분 1과 획분 2의 비는 6.9~7.6:2.4~3.1으로서, 전보⁽⁵⁾에서 보고한 가용성 전분에 대한 아밀로오스와 아밀로펙틴의 비인 7.0~7.6:2.4~3.0과 같은 값이었다. 따라서 Fig. 1의 획분 1은 아밀로오스, 획분 2는 아밀로펙틴으로 생각된다. 이러한 결과는 전분을 98°C에서 8분간 가열하였을 때 용출되는 물질은 주로 아밀로오스이며, 소량의 아밀로펙틴은 DP 10~20 정도의 사슬을 가진 것이 용출됨을 가리킨다.

열수 가용성 전분과 전분의 분자구조와의 관계

열수 가용성 전분(아밀로오스, 아밀로펙틴)의 용출율과 열수 가용성 전분의 분자 구조와의 관계는 Table 4와 같다. 열수 가용성 아밀로오스의 용출율(SA/TA)은 열수 가용성 전분의 중합도와 베타 아밀라아제 분해한도와 부의관계를 보였으며, 열수 가용성 전분 및 가용성 아밀로펙틴 용출율(SAP/TAP)은 탈분지한 열수 가용성 전분의 F1에 대한 F2의 비율과 정의 상관성을 보였다.

열수 가용성 전분(아밀로오스, 아밀로펙틴)의 용출율과 전분(아밀로오스, 아밀로펙틴)의 분자 구조와의 관계는 Table 5와 같다. 아밀로오스의 분자 크기와의 관계로 볼때, 열수 가용성 전분, 아밀로오스와 아밀로펙틴의 용출율은 아밀로오스의 분자량 50×10⁴ 이상의 분획과는

Table 4. Relationship between molecular characteristics of hot-water soluble starch, and solubility of starch, amylose(SA/TA) and amylopectin(SAP/TAP) in hot water

	Inherent viscosity	β-amylolysis limit	DP _n	Debranched F2/F1
Soluble starch	-0.8185*	-0.9396**	-0.8464*	0.9713**
SA/TA	-0.7757	-0.9249**	-0.9285**	0.8956*
SAP/TAP	-0.7821	-0.8573*	-0.6977	0.9557**

*Significant at p<0.05, **Significant at p<0.01.

Table 5. Relationship between molecular structure of starch and solubility of starch, amylose(SA/TA) and amylopectin(SAP/TAP) in hot water

	Soluble starch	SA/TA	SAP/TAP
Amylose ¹⁾			
Distribution(%) of molecular weight			
>50×10 ⁴	-0.8741*	-0.9627**	-0.9512**
4~50×10 ⁴	0.8976*	0.9657**	0.9717**
Degree of polymerization	-0.8989*	-0.9692**	-0.9740**
Amylopectin ²⁾			
Super long chain	-0.9586**	-0.8460*	-0.9268**

*Significant at p<0.05, **Significant at p<0.01.

¹⁾Data from ref. 6.

²⁾Data from ref. 9.

모두 부의 상관성을 보이나 5~50×10⁴의 분획과는 정의 상관성을 보였으며, 또한 중합도와는 부의 상관성을 보였다. 이것은 결국, 아밀로오스는 그 분자량 크기가 작을 수록 열수에 가용화 되기 쉽다는 것을 의미한다. Hizukuri⁽¹⁹⁾는 용출 온도가 높을 수록 중합도가 큰 아밀로오스가 용출되며, 같은 온도에서는 밀 전분 보다는 감자 전분의 아밀로오스가 더 많이 용출된다고 하였다.

아밀로펙틴의 초장쇄와의 관계로 볼때, 열수 가용성 전분과 아밀로펙틴의 용출율은 아밀로펙틴의 초장쇄와 부의 상관성을 보였다. 즉, 아밀로펙틴의 초장쇄가 적게 분포할 수록 열수 가용성 아밀로오스 뿐만 아니라 아밀로펙틴 또한 열수에 쉽게 용출되었다.

아밀로오스의 열수 용출율은 아밀로오스의 분자크기와는 p<0.01에서 상관관계를 보였으나, 아밀로펙틴의 초장쇄와는 p<0.05에서 상관성을 보였다. 또한, 아밀로펙틴의 열수 용출율은 아밀로오스의 분자크기와는 p<0.05에서 상관관계를 보였으나, 아밀로펙틴의 초장쇄와는 p<0.01에서 상관성을 보였다. 즉, 전분의 열수에 대한 가용화는 아밀로오스와 아밀로펙틴의 분자 구조에 의해 영향을 받고 있음을 알 수 있었다. Radhika Reddy⁽¹⁸⁾은 쌀 전분의 열수 불용성 아밀로오스가 아밀로펙틴의 긴

Table 6. Correlation coefficients between structural properties of hot-water soluble starch and texture of cooked rice

	Soluble starch	SA/TA	SAO/TAP	Inherent viscosity	β -amylolysis limit	\overline{DP}_n	Debranched F2/F1
Hardness ¹⁾	-0.9491**	-0.9078**	-0.9206**	0.6391	0.9526**	0.7087	-0.9171**
Adhesiveness ¹⁾	0.9391**	0.8681*	0.9673**	-0.6856	-0.8633*	-0.6210	0.9381**

*Significant at $p < 0.05$, **Significant at $p < 0.01$.

¹⁾Data from ref. 6.

B 사슬과 관계가 있으며, 또한, 전분의 입자 강도, 밥의 경도와도 관계가 있다고 하였다. 즉, 많은 량의 불용성 아밀로오스와 긴 사슬을 많이 가진 아밀로펙틴은 쉽게 내부 분자끼리 상호결합을 통하여 강하고 단단한 전분 입자를 이룬 반면, 적은 량의 불용성 아밀로오스와 긴 외부 사슬이 적게 가진 아밀로펙틴은 내부 연결 정도가 낮아서 약하고 부서지기 쉬운 전분입자가 된다고 하였다. 따라서 또한, 단단하고 강한 전분 입자를 가진 쌀의 밥은 경도가 높고, 찰기가 없으며, 촉촉한 감이 없다고 하였다.

이러한 결과를 종합해 보면, 열수 가용성 쌀 전분의 구조는 그 분자크기가 작은 아밀로오스와 평균 사슬길이 10~20 글루코오스 단위로 된 짧은 사슬의 아밀로펙틴이 약 7:3으로 결합을 하고 있다. 또한, 전분의 분자 구조는 전분의 열수 가용화에 큰 영향을 미치고 있는데, 열수 가용성 전분은 아밀로오스의 분자 크기가 작고 아밀로펙틴의 초장쇄가 적을 수록 쉽게 용출되고, 그와 반대 일때는 열수에 의한 용출이 어렵다. 이는 아밀로펙틴과 아밀로오스의 상호 결합 차이에 의한다고 볼 수 있다. 즉, 초장쇄가 많이 분포된 아밀로펙틴과 분자 크기가 큰 아밀로오스가 서로 단단하게 결합된 전분은 열수에 쉽게 용출되지 않으며 짧은 사슬의 아밀로펙틴과 분자크기가 작은 아밀로오스와 느슨하게 결합된 전분은 쉽게 열수에 용출된다고 할 수 있다.

열수 가용성 전분과 밥의 텍스처와의 관계

열수 가용성 전분의 분자 구조적 특성과 밥의 텍스처와의 관계는 Table 6과 같다. 밥의 텍스처 결과는 전보에서 인용하였다⁶⁾. 열수 가용성 전분은 밥의 경도와는 부의 상관율, 부착성과는 정의 상관율을 보였으나, β -아밀라아제 분해한도는 그와 반대의 경향이였다. 열수 가용성 아밀로오스의 용출율은 밥의 경도와 부의 상관율, 부착성과 정의 상관율을 보였다. 고유 점도와 중합도는 그다지 상관을 보이지 않았다. 열수 가용성 전분을 탈분지한 후의 회복 2/회분 1의 비율은 밥의 경도와 부의 상관율, 부착성과 정의 상관율을 보였다.

Bhattacharya²⁰⁾은 밥의 끈기는 불용성 아밀로오스 함량과 부의 상관율을 보인다고 하였으며, 최근, Radhika Reddy¹⁸⁾은 많은 량의 불용성 아밀로오스와 긴 사슬을 더 많이 가진 아밀로펙틴으로 구성된 강하고 단단한 전분 입자를 가진 쌀의 밥은 경도가 높고, 찰기가 없으며,

촉촉한 감이 없다고 하였다. 전보에서 저자들⁴⁾은 취반시 쌀의 가용성 아밀로오스 함량이 밥의 부착성과 정의 상관율을 보인다고 하였다.

그러면 전보⁴⁾에서 보고한 쌀 및 쌀가루의 열수 가용화와 쌀 전분의 열수 가용화를 비교해 보면, 쌀 전분의 열수 아밀로오스는 쌀 및 쌀가루의 열수 가용성 아밀로오스와의 관계에서 쌀의 경우와 정의 상관($r=0.9683^{**}$), 쌀가루와 정의 상관($r=0.9896^{**}$)을 보였다. 그리고 전체 아밀로오스에 대한 열수 가용성 아밀로오스 용출율에서도 쌀과 쌀 전분은 정의 상관($r=0.9501^{**}$), 쌀가루와 쌀 전분도 정의 상관($r=0.9860^{**}$)을 보였다. 이것은 쌀 및 쌀가루의 열수 가용화가 쌀 전분의 성질에 의하여 기인하며, 쌀 전분의 열수 가용화에 따라 밥의 텍스처가 영향을 받음을 알 수 있다.

이상의 결과로 볼때, 일반계 쌀밥이 통일계 쌀밥 보다 경도가 낮고 부착성이 높은 것은 일반계 쌀은 아밀로오스 분자량 크기가 통일계 쌀보다 작고 아밀로펙틴의 초장쇄도 적어서, 열수에 용출되는 전분의 양이 통일계보다 많기 때문이다. 따라서 열수에 용출된 전분의 량이 많을 수록 밥의 부착성은 높고 경도는 낮다. 즉, 밥의 텍스처는 아밀로오스의 분자량 크기가 작고 아밀로펙틴의 초장쇄가 적은 전분 구조를 가진 쌀일 수록, 경도는 낮고 부착성은 높아서 그 텍스처가 좋은 것으로 생각된다. 따라서 쌀 전분이 열수에 가용화 되는 성질을 이용하여 쌀의 식미 평가를 할 수 있으리라 기대된다.

요 약

밥의 텍스처에 대한 일련의 연구에서 식미와 관련성이 있는 열수 가용성 쌀 전분에 대하여 분자 구조적 측면에서 그 관련성을 구명하고자 하였다. 열수 가용성 쌀 전분의 분자 구조는 분자 크기가 작은 아밀로오스와 평균 사슬길이 10~20 글루코오스 단위로 된 아밀로펙틴이 7:3 정도로 결합하고 있었다. 열수 가용성 쌀 전분의 용출율은 아밀로오스의 분자 크기가 작을 수록, 아밀로펙틴의 초장쇄가 적을 수록 높았으며, 전분의 열수 가용화는 전분의 분자 구조와 밀접한 관계가 있었다. 또한, 밥의 텍스처는 열수 가용성 쌀 전분의 용출율이 높을 수록 경도는 낮고, 부착성은 높았다. 이러한 결과들로 볼때, 밥의 텍스처는 쌀 전분의 분자 구조와 밀접한 관

계가 있음을 알 수 있었으며 전분의 열수 가용화 되는 성질은 쌀의 식미 평가 지표로서의 가능성이 시사되었다.

문 헌

1. 農文協編, おいしいコメはどこがちがうか, 農文協, 日本, p.44 (1992)
2. Juliano, B.O.: In *Rice Chemistry and Technology*. ed. B.O. Juliano, American Association of cereal chemists. Inc., St. Paul. Minnesota. USA, p.443 (1985)
3. Unnevehr, L.T., Buff, D. and Juliano, B.O.: Consumer demand for rice grain quality, IRRI, Philippines, p.5 (1992)
4. 김 관, 강길진, 김성곤: 쌀의 열수 가용성 물질과 밥의 텍스처와의 관계. 한국식품과학회지, 23, 498 (1991)
5. 김 관, 강길진, 김성곤: 일반계와 통일계 쌀 전분 및 그 분획의 몇가지 구조적 성질 비교. 한국식품과학회지, 24, 187 (1992)
6. Kang, K.J., Kim, K., Kim, S.K. and Murata, A.: Relationship between Molecular structure of amylose and texture of cooked rice of korean rice. *J. Applied Glycosci.*, 41, 35 (1994)
7. Kang, K.J., Kim, K. and Murata, A.: Molecular structure characterization of acid-treated starches from korean rices. *Bull. Fac. Agr. Saga Univ.*, 76, 113 (1994)
8. Kang, K.J., Kim, K. and Kim, S.K.: Three stage hydrolysis pattern of rice starch by acid-treatment. *J. Applied Glycosci.*, 41, 21 (1994)
9. 강길진, 김 관, 김성곤: 쌀의 아밀로펙틴 분자구조와 밥의 텍스처. 한국식품과학회지, 27, 105 (1995)
10. Arai, E. and Watanabe, M.: Gelatinizability of starch as a factor affecting the quality of cooked rice. *J. Applied Glycosci.*, 41, 193 (1994)
11. Yamamoto, K., Sawada, S. and Onogaki, T.: Properties of rice starch prepared by alkali method with various conditions. *Denpun Kagaku*, 20, 99 (1973).
12. Dubois, M., Gilles, K., Hamilton, J.K., Revers, P.A. and Smith, F.: Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.*, 28, 350 (1956)
13. Williams, P.C., Kuzina, F.D. and Hlynka, L.: A rapid colorimetric procedure for estimating the amylose content of starches and flours. *Cereal Chem.*, 47, 411 (1970)
14. Corn Refiners Association: *Standard Analytical Methods*, Method B-61. The Association, Washington, D. C. (1982)
15. Suzuki, A., Hizukuri, S. and Takeda, Y.: Physicochemical studies of Kuzu starch. *Cereal Chem.*, 58, 286 (1981)
16. Hizukuri, S., Takeda, Y., Yasuda, M. and Suzuki, A.: Multi-branched nature of amylose and the action of debranching enzymes. *Carbohydr. Res.*, 94, 205 (1981)
17. 김 관, 최경철, 강길진, 이용현, 김성곤: 참쌀 전분의 분자구조적 특성. 한국식품과학회지, 24, 568 (1992)
18. Radhika Reddy, K., Zakiuddin Ali, S. and Bhattacharya: The fine structure of rice-starch amylopectin and its relation to the texture of cooked rice. *Carbohydrate Polymers*, 22, 267 (1993)
19. Hizukuri, S.: Properties of hot-water extractable amylose. *Carbohydr. Res.*, 217, 251 (1991)
20. Bhattacharya, K.R., Sowbhagya, C.M. and Indudhara Swamy, Y.M.: Importance of insoluble amylose as a determinant of rice quality. *J. Sci. Food Agric.*, 29, 359 (1979)

(1995년 3월 9일 접수)